

ZOOM LENS AND PROJECTION TYPE DISPLAY DEVICE EQUIPPED THEREWITH

Patent number: JP2002131639

Publication date: 2002-05-09

Inventor: SUZUKI AKIO

Applicant: NIPPON KOGAKU KK

Classification:

- international: G02B15/16; G02B13/16; G02B13/22; G02F1/13; G02F1/1335;
G02F1/13357; G03B21/00

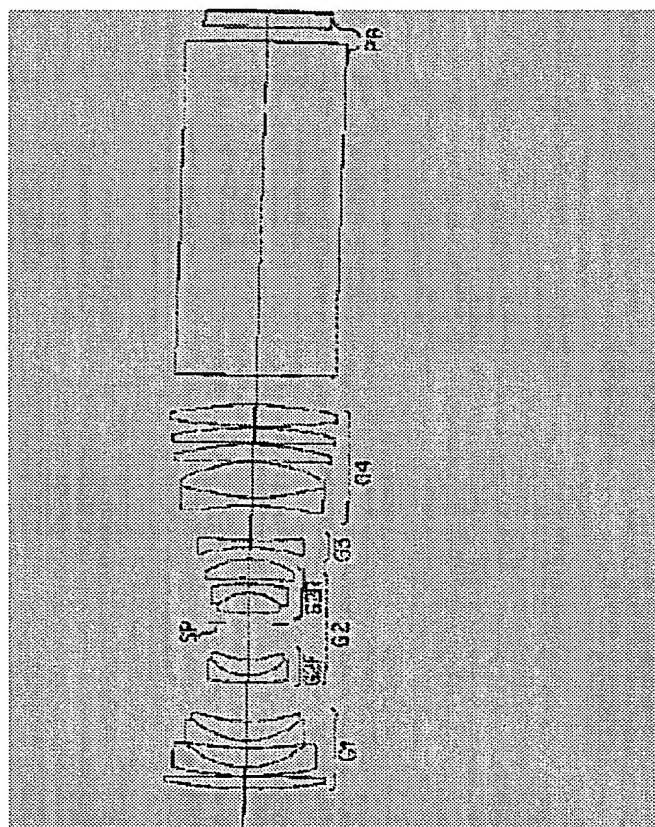
- european:

Application number: JP20000321407 20001020

Priority number(s): JP20000321407 20001020

Abstract of JP2002131639

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a compact zoom lens having longer back focus, set so that a pupil position on a reduction side is very far (telecentric) and having excellent optical performance. **SOLUTION:** This zoom lens is provided with a first negative lens group G1, a second positive lens group G2, a third negative lens group G3 and a fourth positive lens group G4 in order from an enlargement side. In the zoom lens, variable power is performed by moving the second and the third lens groups G2 and G3 in an optical axis direction. The zoom lens satisfies $1.3 < Bfw/fw < 3.2$ when it is assumed that the air-converted back focus when focusing on infinity by the entire system of the zoom lens in a wide-angle end state is Bfw and the focal distance of the entire system of the zoom lens in the wide-angle end state is fw, respectively.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-131639

(P2002-131639A)

(43)公開日 平成14年5月9日(2002.5.9)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
G 0 2 B 15/16		G 0 2 B 15/16	2 H 0 8 7
13/16		13/16	2 H 0 8 8
13/22		13/22	2 H 0 9 1
G 0 2 F 1/13	5 0 5	G 0 2 F 1/13	5 0 5
1/1335		1/1335	

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2000-321407(P2000-321407)	(71)出願人	000004112 株式会社ニコン
(22)出願日	平成12年10月20日(2000.10.20)	(72)発明者	鈴木 章夫 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
		(74)代理人	100077919 弁理士 井上 義雄

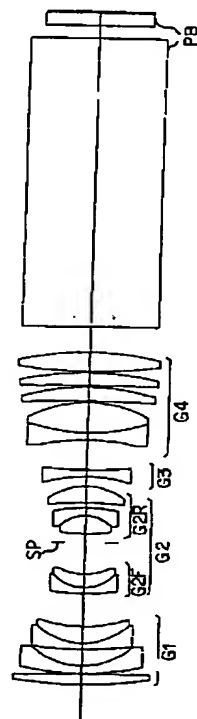
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ズームレンズ及びこのレンズを備える投射型表示装置

(57)【要約】

【課題】小型で、より長いバックフォーカスを有し、縮小側の瞳位置が十分に遠く（テレセントリック）、良好な光学性能のズームレンズ等を提供すること。

【解決手段】 拡大側から順に、負の第1レンズ群G1と、正の第2レンズ群G2と、負の第3レンズ群G3と、正の第4レンズ群G4とを有し、前記第2レンズ群G2と前記第3レンズ群G3とを光軸方向に移動することにより変倍するズームレンズにおいて、広角端状態における前記ズームレンズ全系の無限遠合焦時の空気換算バックフォーカスをBfw、広角端状態におけるレンズズームレンズ全系の焦点距離をfwとそれぞれした時、
 $1.3 < Bfw / fw < 3.2$ (1)
 の条件を満足する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 拡大側から順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群G1と、正の屈折力を持つ第2レンズ群G2と、負の屈折力を持つ第3レンズ群G3と、正の屈折力を持つ第4レンズ群G4とを有し、前記第2レンズ群G2と前記第3レンズ群G3とを光軸方向に移動することにより変倍するズームレンズにおいて、広角端状態における前記ズームレンズ全系の無限遠合焦時の空気換算バックフォーカスをBfw、広角端状態における前記ズームレンズ全系の焦点距離をfwとそれぞれした時、

$$1. \quad 3 < Bfw / fw < 3.2 \quad (1)$$

の条件を満足する事の特徴とするズームレンズ。

【請求項2】 前記第2レンズ群G2の焦点距離をf2、前記第4レンズ群G4の焦点距離をf4とそれぞれした時、

$$1. \quad 4 < f2 / fw < 2.3 \quad (2)$$

$$1. \quad 4 < f4 / fw < 2.3 \quad (3)$$

の条件を満足する事の特徴とする請求項1記載のズームレンズ。

【請求項3】 前記第1レンズ群G1の焦点距離をf1とした時、

$$1. \quad 4 < |f1| / fw < 2.5 \quad (4)$$

の条件を満足する事の特徴とする請求項1または2記載のズームレンズ。

【請求項4】 光源からの光を偏光分離する偏光分離光学系と、

前記偏光分離光学系により偏光分離された光を入射する位置に配置され、入射光を変調して射出する反射型ライトバルブと、

前記反射型ライトバルブから射出された光を検光する検光光学系と、

請求項1乃至3の何れか一項に記載のズームレンズを備え、前記検光光学系を射出した検光光を所定面へ投射する投射光学系と、を有することを特徴とする投射型表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はズームレンズ、特に、透過型液晶表示素子または反射型液晶表示素子を用いた投射型表示装置等に好適な、縮小側にて略テレセントリックな投射用ズームレンズに関する。

【0002】

【従来の技術】赤・緑・青の3原色毎に透過型液晶表示素子を用いる3板式投射型表示装置は、投射光学系と表示素子との間にダイクロイックプリズム等の色合成手段が配置される。そのために、投射光学系は比較的長いバックフォーカスが必要になる。また、色合成手段の分光特性には角度依存性があるため、縮小側（表示素子側）の瞳位置を十分遠方にする光学系、すなわちテレセント

リックな光学系であることも要求される。このため、投射光学系をズームレンズとした場合は、テレセントリックにしやすい凸群先行ズームレンズとして、例えば特開平6-242375号公報に提案されているズームレンズがある。また、バックフォーカスが比較的出し易く、小型化が可能な凹群先行4群ズームレンズとしては、特開平9-243917号公報または特開平10-20192号公報に提案されているズームレンズがある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】近年、高画質化の要望により、反射型液晶表示素子を用いた投射型表示装置が提案されている。反射型液晶表示素子は、透過型液晶表示素子よりも画素数を増やすことが容易である。しかし、反射型液晶表示素子を用いた投射型表示装置の場合、表示素子から見て投射光学系側から照明光を照明するため、投射光学系と表示素子との間に、PBS（偏光ビームスプリッタ）等の偏光分離手段を新たに配置する必要がある。

【0004】このため、反射型液晶表示素子を用いた投射型表示装置用の投射光学系は、透過型液晶表示素子を用いた光学系に比べて、縮小側をテレセントリックとしたまま、より長いバックフォーカスが必要となる。凸群先行4群ズームレンズ、例えば特開平6-242375号公報に提案されている正負正正4群タイプの投射用ズームレンズの場合、縮小側をテレセントリックとしたまま、よりバックフォーカスを長くすることが出来る。しかし、この投射用ズームレンズでは投射角度を比較的広くとった場合、正の第1群のレンズ径が大きくなるため、投射光学系の小型化が困難である。また、凹群先行4群ズームレンズ、例えば特開平9-243917号公報または特開平10-20192号公報に提案されている投射用ズームレンズの場合、バックフォーカスは広角端状態での焦点距離に対して約1～1.3倍程度である。このため、反射型表示素子を用いた投射型表示装置用の投射光学系としては、バックフォーカスの長さが不十分である。本発明は上記問題に鑑みてなされたものであり、小型で、より長いバックフォーカスを有し、縮小側の瞳位置が十分に遠く（即ち、テレセントリックな）、良好な光学性能のズームレンズ及びこのレンズを備える投射型表示装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために第1の発明は、拡大側（長い共役側から）から順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群G1と、正の屈折力を持つ第2レンズ群G2と、負の屈折力を持つ第3レンズ群G3と、正の屈折力を持つ第4レンズ群G4とを有し、前記第2レンズ群G2と前記第3レンズ群G3とを光軸方向に移動することにより変倍するズームレンズにおいて、広角端状態におけるズームレンズ全系の無限遠合焦時の空気換算バックフォーカスをBfw、広角端状態に

における前記ズームレンズ全系の焦点距離を f_w とそれぞれした時、

$$1. \quad 3 < B f_w / f_w < 3.2 \quad (1)$$

の条件を満足する事の特徴とするズームレンズを提供する。また、第2の発明は、光源からの光を偏光分離する偏光分離光学系と、前記偏光分離光学系により偏光分離された光を入射する位置に配置され、入射光を変調して射出する反射型ライトバルブと、前記反射型ライトバルブから射出された光を検光する検光光学系と、請求項1乃至3の何れか一項に記載のズームレンズを備え、前記検光光学系を射出した検光光を所定面へ投射する投射光学系と、を有することを特徴とする投射型表示装置を提供する。

【0006】

【発明の実施の形態】第1の発明に関して、上記構成のレンズ群の特徴を以下に述べる。本発明においては、拡大側から順に、第1レンズ群G1は負の屈折力を有し、変倍中固定である。また、第2レンズ群G2は正の屈折力を有し、第3レンズ群G3は負の屈折力を有している。そして、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3は、互いに光軸に沿って移動することにより変倍、及び変倍による像面位置変動の補正を行う。さらに、第4レンズ群G4は正の屈折力を有し、変倍中は像面に対し固定である。

【0007】また、本発明では、小型で良好な光学性能と、より長いバックフォーカスを有し、縮小側の瞳位置が十分に遠い投射用ズームレンズ、とくに反射型液晶表示素子を用いた投射型表示装置等に使用される投射用ズームレンズを提供するために、以下の条件式(1)を満足する事が望ましい。

$$1. \quad 3 < B f_w / f_w < 3.2 \quad (1)$$

但し、

$B f_w$: 広角端状態におけるズームレンズ全系の無限遠合焦時の空気換算バックフォーカス、

f_w : 広角端状態におけるズームレンズ全系の焦点距離である。

【0008】条件式(1)は、反射型液晶表示素子を用いた投射型表示装置等に好適な投射用のズームレンズに必要なバックフォーカスに関する条件を規定している。通常、透過型液晶表示素子を用いた投射型表示装置に比べて、反射型液晶表示素子を用いた投射型表示装置の場合、投射用ズームレンズと表示素子との間にダイクロイックプリズム等の色合成手段に加えて、PBS(偏光ビームスプリッタ)等の偏光分離手段を配置する。このため、投射用ズームレンズは長いバックフォーカスを必要とする。

【0009】条件式(1)の下限値を下回ると、投射用ズームレンズと表示素子との間隔を大きくすることができない。このため、反射型液晶表示素子を用いた投射型

表示装置を構成することが困難となる。逆に、条件式

(1)の上限値を上回ると、投射用ズームレンズのバックフォーカスを長くするために、レトロフォーカス(逆望遠)型の屈折力配置の傾向(非対称性)が強まるため、歪曲収差、倍率色収差の補正が困難となる。さらに、投射型表示装置全体の大型化を招くので好ましくない。

【0010】また、本発明では以下の条件式(2)、(3)を満足する事が望ましい。

$$10 \quad 1. \quad 4 < f_2 / f_w < 2.3 \quad (2)$$

$$1. \quad 4 < f_4 / f_w < 2.3 \quad (3)$$

但し、

f_2 : 前記第2レンズ群G2の焦点距離、

f_4 : 前記第4レンズ群G4の焦点距離

である。

【0011】条件式(2)は投射用ズームレンズの変倍域全域において良好な光学性能を得るための条件である。条件式(2)の下限値を下回ると、第2レンズ群G2の正の屈折力が強くなるため、変倍に伴う収差変動、特に球面収差、コマ収差の補正が困難となる。逆に、条件式(2)の上限値を上回ると、変倍時における第2レンズ群G2の移動量が大きくなり、投射用ズームレンズの大型化を招くので好ましくない。

【0012】条件式(3)は縮小側の瞳位置を十分遠方(テレセントリック)にし、良好な光学性能を得るための条件である。条件式(3)の下限値を下回ると、第4レンズ群G4の正の屈折力が強くなり、倍率色収差の補正が困難となる。また、投射型表示装置を構成するのに必要となる投射用ズームレンズのバックフォーカスを得ることが困難となる。逆に、条件式(3)の上限値を上回ると、投射光学系の大型化を招かずに縮小側をテレセントリックにすることが困難となり好ましくない。

【0013】また、本発明では、合焦のために第1レンズ群G1を光軸に沿って移動させることが好ましい。この場合、次の条件式(4)を満足する事がより望ましい。

$$1. \quad 4 < |f_1| / f_w < 2.5 \quad (4)$$

但し、

f_1 : 前記第1レンズ群G1の焦点距離

である。

【0014】条件式(4)は、投射用ズームレンズの拡大側のレンズ径を小型にし、かつ良好な光学性能を得るための条件である。条件式(4)の下限値を下回ると、第1レンズ群G1の負の屈折力が強くなり、歪曲収差、倍率色収差の補正が困難となる。逆に、条件式(4)の上限値を上回ると、投射用ズームレンズの拡大側レンズ径の大型化を招くので好ましくない。また、合焦のための移動量が大きくなり、合焦による収差変動を抑える事が困難となり、好ましくない。

50 【0015】また、本発明では、投射用ズームレンズの

小型化を達成するため、第3レンズ群G3を1枚の凹レンズで構成することが好ましい。この場合、次の条件式(5)を満足する事がより望ましい。

$$1. \quad 7 < |f_3| / f_w < 3.0 \quad (5)$$

但し、

f_3 : 前記第3レンズ群の焦点距離である。

【0016】条件式(5)の下限値を下回ると、第3レンズ群G3の負の屈折力が強くなり、1枚の凹レンズのみの構成では、変倍による収差変動の補正が困難となる。逆に、条件式(5)の上限値を上回ると、必要とされる投射用ズームレンズのバックフォーカスを確保することが困難となり好ましくない。また、変倍のための移動量が大きくなり、光学系が大型化するので好ましくない。また、本発明では、第2レンズ群G2は、負の屈折力を持つ第2レンズ群前群G2Fと、絞りSPと、正の屈折力を持つ第2レンズ群後群G2Rとから構成される。ここで、変倍に伴う収差変動、特に非点収差、像面湾曲収差の補正をより良好に行うため、第2レンズ群前群G2Fと第2レンズ群後群G2Rとを、互いの間隔が小さくなるように別々に拡大側に移動する事も出来る。

【0017】以下、本発明の実施例を添付図面に基づいて説明する。

(第1実施例) 図1は、第1実施例にかかるズームレンズの構成を示す図である。拡大側から順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群G1と、正の屈折力を持つ第2レンズ群G2と、負の屈折力を持つ第3レンズ群G3と、正の屈折力を持つ第4レンズ群G4とを備える。さらに、第4レンズ群G4の縮小側には、投射型表示装置の色合成手段と偏光分離手段に相当するプリズムブロックPBが配置されている。

【0018】第1レンズ群G1は、両凸レンズと、拡大側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、拡大側に凸面を向けた負メニスカスレンズと拡大側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズとからなる。第2レンズ群G2は、拡大側に凸面を向けた負メニスカスレンズと拡大側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズからなる第2レンズ群前群G2Fと、絞りSPと、両凸レンズと縮小側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズと、縮小側に凸面を向けた正メニスカスレンズとからなる第2レンズ群後群G2Rとからなる。第3レンズ群G3は、両凹レンズからなる。第4レンズ群G4は、両凹レンズと両凸レンズとの接合レンズと、縮小側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、縮小側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、両凸レンズとからなる。

【0019】そして、広角端状態から望遠端状態に変倍する際には、第1レンズ群G1と第4レンズ群G4とが固定されており、第2レンズ群G2は拡大側に移動し、第3レンズ群G3は第2レンズ群G2の移動による焦点

移動を補正するように移動する。また、絞りSPは第2レンズ群G2と一体で移動される。

【0020】以下の表1に、本実施例の諸元の値を掲げる。表中、 f は物体が無窮遠にある場合($d_0 = \infty$)のズームレンズ全系の焦点距離、 β は投射倍率、 $F_n o$ はFナンバーを示す。また、面番号は拡大側から数えたレンズ面の番号、 r はレンズ面の曲率半径、 d はレンズ面間隔、 n はe線($\lambda = 546 \text{ nm}$)の屈折率、 v はアッペ数、SPは絞りをそれぞれ表している。 d_0 は物体からレンズ第1面までの間隔を示している。これらの符号は以下全ての実施例において同様である。

【0021】また、諸元表の焦点距離、曲率半径、面間隔その他の長さの単位は一般に「mm」が使われるが、光学系は比例拡大又は比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。

【0022】

【表1】

10

20

30

40

50

(全体諸元)

 $f = 35.0 \sim 42.0$ $Fno = 3.50 \sim 3.88$

(レンズデータ)

面番号	r	d	ν	n
		d0		1.000000
1	163.6019	4.000	35.70	1.630036
2	-7121.8184	0.200		1.000000
3	92.5811	3.000	58.54	1.615215
4	26.7563	6.500		1.000000
5	148.1538	2.500	61.09	1.591430
6	24.1041	6.500	28.56	1.801617
7	51.0199	d1		1.000000
8	86.4103	2.500	70.41	1.489143
9	14.9709	5.500	33.89	1.809452
10	22.1745	12.500		1.000000
11	SP	3.500		1.000000
12	60.5069	7.000	70.41	1.489143
13	-13.1071	3.000	43.35	1.845033
14	-54.0982	2.000		1.000000
15	-135.9330	6.500	58.54	1.615215
16	-22.9023	d2		1.000000
17	-49.5687	2.500	64.10	1.518723
18	173.0723	d3		1.000000
19	-79.5039	3.000	55.60	1.699788
20	65.4760	12.000	70.41	1.489143
21	-44.4332	0.500		1.000000
22	-525.4225	5.500	70.41	1.489143
23	-84.3283	0.500		1.000000
24	-2598.5067	5.000	70.41	1.489143
25	-120.1184	0.500		1.000000
26	187.7668	7.500	70.41	1.489143
27	-103.6012	10.000		1.000000
28	0.0000	113.100	23.96	1.846684
29	0.0000	5.000		1.000000
30	0.0000	5.000	64.10	1.518723
31	0.0000	d4		1.000000

(可変間隔データ)

β	-0.0150	-0.0165	-0.0180
d0	2254.000	2254.000	2254.000
d1	12.9899	8.4000	4.9875
d2	3.8613	10.0275	15.8366
d3	11.9556	10.3793	7.9827
d4	0.3568	0.3568	0.3568

(条件式対応値)

(1) $Bfw/fw = 2.28$

(2) $f2/fw = 1.77$

(3) $f4/fw = 1.63$

(4) $|f1|/fw = 1.91$

(5) $|f3|/fw = 2.11$

【0023】図2, 3, 4は、第1実施例において $d0 = 2254$ のときの広角端状態における諸収差図、中間焦点距離状態($f = 38.5$)における諸収差図、望遠端状態における諸収差図をそれぞれ示している。各収差図において、 Fno はFナンバー、 Y は像高、 e は e 線($\lambda = 546nm$)、 g は g 線($\lambda = 436nm$)を示している。かかる符号は以下全ての実施例の諸収差図において同様である。図からも明らかなように、各焦点距離状態において諸収差が良好に補正されていることが分かる。

【0024】(第2実施例)図5は、第2実施例にかかるズームレンズの構成を示す図である。拡大側から順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群 $G1$ と、正の屈折力を持つ第2レンズ群 $G2$ と、負の屈折力を持つ第3レンズ群 $G3$ と、正の屈折力を持つ第4レンズ群 $G4$ とを備える。さらに、第4レンズ群 $G4$ の縮小側には、投射型表示装置の色合成手段と偏光分離手段に相当するプリズムブロックPBが配置されている。

【0025】第1レンズ群 $G1$ は、拡大側から順に、拡大側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、拡大側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、拡大側に凸面を向けた負メニスカスレンズと拡大側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズとからなる。第2レンズ群 $G2$ は、拡大側に凸面を向けた負メニスカスレンズと拡大側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズとからなる第2レンズ群前群 $G2F$ と、絞りSPと、両凸レンズと、縮小側に凸面を向けた正メニスカスレンズと縮小側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズとからなる第2レンズ群後群 $G2R$ とからなる。第3レンズ群 $G3$ は、両凹レンズとからなる。第4レンズ群 $G4$ は、両凹レンズと両凸レンズとの接合レンズと、縮小側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、両凸レンズと、両凸レンズとからなる。

【0026】広角端状態から望遠端状態に変倍する際には、第1レンズ群 $G1$ と第4レンズ群 $G4$ とが固定されており、第2レンズ群 $G2$ は拡大側に移動し、第3レンズ群 $G3$ は第2レンズ群 $G2$ の移動による焦点移動を補正するように移動する。また、絞りSPは第2レンズ群 $G2$ と一体で移動される。以下の表2に、本実施例の諸元の値を掲げる。

【0027】

【表2】

(全体諸元)
 $f = 35.0 \sim 42.0$
 $Fno = 3.52 \sim 3.88$

(レンズデータ)

面番号	r	d	ν	n
		d0		1.000000
1	139.0252	4.5000	32.17	1.677648
2	4193.3210	0.2000		1.000000
3	62.9757	3.0000	58.54	1.615215
4	22.6349	6.5000		1.000000
5	107.1966	2.5000	58.54	1.615215
6	22.0455	7.0000	28.56	1.801617
7	41.1005	d1		1.000000
8	58.4197	2.5000	70.41	1.489143
9	18.1204	4.0000	28.56	1.801617
10	21.1201	11.0000		1.000000
11	SP	6.5000		1.000000
12	65.1607	4.0000	70.41	1.489143
13	-83.7818	5.0000		1.000000
14	-368.7928	7.5000	70.41	1.489143
15	-19.5420	3.0000	39.61	1.809359
16	-28.1607	d2		1.000000
17	-313.6731	2.5000	55.60	1.699788
18	66.2996	d3		1.000000
19	-115.8909	3.0000	49.45	1.776511
20	57.7938	10.0000	70.41	1.489143
21	-73.3411	0.2000		1.000000
22	-3773.7568	5.0000	70.41	1.489143
23	-107.4912	0.2000		1.000000
24	662.9361	6.0000	70.41	1.489143
25	-108.4047	0.2000		1.000000
26	159.7915	10.0000	70.41	1.489143
27	-68.5253	10.0000		1.000000
28	0.0000	113.1000	23.96	1.846684
29	0.0000	5.0000		1.000000
30	0.0000	5.0000	64.10	1.518723
31	0.0000	d4		1.000000

(可変間隔データ)

β	-0.0150	-0.0165	-0.0180
d0	2260.000	2260.000	2260.000
d1	12.9465	8.9881	5.8646
d2	1.9742	8.0517	13.8211
d3	11.4754	9.3562	6.7104
d4	0.3651	0.3651	0.3651

(条件式対応値)

- (1) $Bfw/fw = 2.28$
(2) $f2/fw = 1.66$
(3) $f4/fw = 1.68$

(6)

特開2002-131639

10

(4) $|f1|/fw = 1.67$

(5) $|f3|/fw = 2.23$

【0028】図6, 7, 8は、第2実施例において $d0 = 2260$ のときの広角端状態における諸収差図、中間焦点距離状態($f = 38.5$)における諸収差図、望遠端における諸収差図をそれぞれ示している。図からも明らかなように各焦点距離状態において諸収差が良好に補正されていることが分かる。

【0029】(第3実施例)図9は、第3実施例にかかるズームレンズの構成を示す図である。拡大側から順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群G1と、正の屈折力を持つ第2レンズ群G2と、負の屈折力を持つ第3レンズ群G3と、正の屈折力を持つ第4レンズ群G4とを備える。さらに、第4レンズ群G4の縮小側には、投射型表示装置の色合成手段と偏光分離手段に相当するプリズムブロックPBが配置されている。

【0030】第1レンズ群G1は、拡大側から順に、拡大側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、両凸レンズと、拡大側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、両凹レンズと拡大側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズとからなる。第2レンズ群G2は、両凹レンズと両凸レンズとの接合レンズからなる第2レンズ群前群G2Fと、絞りSPと、縮小側に凸面を向けた正メニスカスレンズと縮小側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズと、縮小側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなる第2レンズ群後群G2Rとからなる。第3レンズ群G3は、両凹レンズからなる。第4レンズ群G4は、両凹レンズと両凸レンズとの接合レンズと、縮小側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、両凸レンズとからなる。

【0031】広角端状態から望遠端状態に変倍する際には、第1レンズ群G1と第4レンズ群G4とが固定されており、第2レンズ群G2は拡大側に移動し、第3レンズ群G3は第2レンズ群G2の移動による焦点移動を補正するように移動する。また、絞りSPは第2レンズ群G2と一体で移動される。以下の表3に、本実施例の諸元の値を掲げる。

【0032】

【表3】

40

50

11

(全体諸元)

$f = 28.0 \sim 33.5$
 $Fno = 3.51 \sim 3.93$

(レンズデータ)

面番号	r	d	ν	n
		d0		1.000000
1	79.0701	3.5000	58.54	1.615215
2	28.4252	8.5000		1.000000
3	229.7939	6.0000	38.03	1.607183
4	-86.0114	0.2000		1.000000
5	103.1640	3.0000	58.54	1.615215
6	27.5638	5.5000		1.000000
7	-347.1772	2.5000	58.54	1.615215
8	18.6600	8.0000	28.56	1.801617
9	90.1103	d1		1.000000
10	-268.0938	2.5000	58.54	1.615215
11	74.2421	5.0000	45.37	1.800858
12	-140.1698	13.0000		1.000000
13	SP	2.0000		1.000000
14	-3210.2261	5.5000	70.41	1.489143
15	-13.1800	3.0000	43.35	1.845033
16	-48.8214	0.5000		1.000000
17	-87.6673	5.5000	61.09	1.591430
18	-21.0745	d2		1.000000
19	-84.1279	2.5000	50.84	1.661522
20	122.3661	d3		1.000000
21	-36.4335	3.0000	55.60	1.699788
22	104.9226	10.0000	70.41	1.489143
23	-42.5818	0.5000		1.000000
24	-176.2575	6.0000	70.41	1.489143
25	-57.2083	0.5000		1.000000
26	73538.1220	7.0000	70.41	1.489143
27	-75.9677	0.5000		1.000000
28	126.9469	8.0000	61.09	1.591430
29	-136.2274	10.0000		1.000000
30	0.0000	113.1000	23.96	1.846684
31	0.0000	5.0000		1.000000
32	0.0000	5.0000	64.10	1.518723
33	0.0000	d4		1.000000

(可変間隔データ)

β	-0.0150	-0.0163	-0.0180
d0	1810.000	1810.000	1810.000
d1	12.3687	9.4614	6.6354
d2	1.7949	7.2215	13.3893
d3	13.8322	11.3130	7.9712
d4	0.3840	0.3840	0.3840

(条件式対応値)

(1) $Bfw/fw = 2.85$

12

(2) $f2/fw = 1.96$ (3) $f4/fw = 1.97$ (4) $|f1|/fw = 1.61$ (5) $|f3|/fw = 2.68$

【0033】図10, 11, 12は、第3実施例において $d0 = 1810$ のときの広角端状態における諸収差図、中間焦点距離状態($f = 30.5$)における諸収差図、望遠端状態における諸収差図をそれぞれ示している。図からも明らかなように、各焦点距離状態において
 10 諸収差が良好に補正されていることが分かる。

【0034】(第4実施例)図13は、第4実施例にかかるズームレンズの構成を示す図である。拡大側から順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群G1と、正の屈折力を持つ第2レンズ群G2と、負の屈折力を持つ第3レンズ群G3と、正の屈折力を持つ第4レンズ群G4とを備える。さらに、第4レンズ群G4の縮小側には、投射型表示装置の色合成手段と偏光分離手段に相当するプリズムブロックPBが配置されている。

【0035】第1レンズ群G1は、拡大側から順に、両凸レンズと、拡大側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、拡大側に凸面を向けた負メニスカスレンズと拡大側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズとからなる。第2レンズ群G2は、拡大側に凸面を向けた負メニスカスレンズと拡大側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズからなる第2レンズ群前群G2Fと、絞りSPと、両凸レンズと縮小側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズからなる第2レンズ群後群G2Rとからなる。第3レンズ群G3は、両凹レンズからなる。第4レンズ群G4は、両凹レンズと両凸レンズとの接合レンズと、両凸レンズと、両凸レンズとからなる。
 20
 30

【0036】広角端状態から望遠端状態に変倍する際には、第1レンズ群G1と第4レンズ群G4とが固定されており、第2レンズ群G2は拡大側に移動し、第3レンズ群G3は第2レンズ群G2の移動による焦点移動を補正するように移動する。また、絞りSPは第2レンズ群G2と一体で移動される。以下の表4に、本実施例の諸元の値を掲げる。

【0037】

40 【表4】

(全体諸元)

 $f = 35.0 \sim 42.0$ $Fno = 3.50 \sim 3.87$

(レンズデータ)

面番号	r	d	ν	n
		d0		1.000000
1	124.1617	5.0000	35.70	1.630036
2	-9150.1772	0.2000		1.000000
3	73.8398	3.0000	70.41	1.489143
4	20.1126	9.5000		1.000000
5	196.8049	2.5000	70.41	1.489143
6	19.4913	8.0000	33.89	1.809452
7	35.0156	d1		1.000000
8	42.1355	2.5000	70.41	1.489143
9	15.3108	4.0000	58.50	1.654256
10	21.9219	8.5000		1.000000
11	SP	4.0000		1.000000
12	40.6597	5.5000	61.09	1.591430
13	-23.7509	3.0000	25.41	1.812649
14	-43.1388	d2		1.000000
15	-65.0397	2.5000	70.41	1.489143
16	137.9556	d3		1.000000
17	-64.8671	3.0000	45.37	1.800858
18	48.2694	10.0000	70.41	1.489143
19	-48.3629	0.5000		1.000000
20	819.5430	7.0000	61.09	1.591430
21	-56.4515	0.5000		1.000000
22	86.1494	8.5000	61.09	1.591430
23	-100.9689	10.0000		1.000000
24	0.0000	39.0000	64.10	1.518723
25	0.0000	28.0000	23.96	1.846684
26	0.0000	5.0000		1.000000
27	0.0000	5.0000	64.10	1.518723
28	0.0000	d4		1.000000

(可変間隔データ)

β	-0.0150	-0.0165	-0.0180
d0	2251.000	2251.000	2251.000
d1	14.4852	10.4406	7.1276
d2	6.4975	12.6659	18.6873
d3	10.8478	8.7241	6.0156
44	0.0057	0.0057	0.0057

(条件式対応値)

(1) $Bfw/fw = 1.69$

(2) $f2/fw = 1.57$

(3) $f4/fw = 1.40$

(4) $|f1|/fw = 1.86$

(5) $|f3|/fw = 2.57$

【0038】図14、15、16は、第4実施例におい 50

て $d0 = 2251$ のときの広角端状態における諸収差図、中間焦点距離状態($f = 38.5$)における諸収差図、望遠端状態における諸収差図をそれぞれ示している。図からも明らかなように、各焦点距離状態において諸収差が良好に補正されていることが分かる。

【0039】(第5実施例)図17は、第5実施例にかかるズームレンズの構成を示す図である。拡大側から順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群G1と、負の屈折力を持つ第2レンズ群前群G2Fと、絞りSPと、正の屈折力を持つ第2レンズ群後群G2Rとからなる全体として正の屈折力を持つ第2レンズ群G2と、負の屈折力を持つ第3レンズ群G3と、正の屈折力を持つ第4レンズ群G4とを備える。さらに、第4レンズ群G4の縮小側には、投射型表示装置の色合成手段と偏光分離手段に相当するプリズムブロックPBが配置されている。

【0040】第1レンズ群G1は、拡大側から順に、両凸レンズと、拡大側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、拡大側に凸面を向けた負メニスカスレンズと拡大側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズとからなる。第2レンズ群G2は、拡大側に凸面を向けた負メニスカスレンズと拡大側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合レンズからなる第2レンズ群前群G2Fと、絞りSPと、両凸レンズと縮小側に凸面を向けた負メニスカスレンズとの接合レンズと、縮小側に凸面を向けた正メニスカスレンズからなる第2レンズ群後群G2Rとからなる。第3レンズ群G3は、両凹レンズと両凸レンズとの接合レンズと、縮小側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、両凸レンズと、両凸レンズとからなる。

【0041】広角端状態から望遠端状態に変倍する際には、第1レンズ群G1と第4レンズ群G4とが固定されており、第2レンズ群前群G2Fと第2レンズ群後群G2Rは、互いの間隔が小さくなるように別々に拡大側に移動し、第3レンズ群G3は縮小側に移動する。また、絞りSPは第2レンズ群後群G2Rと一体で移動される。以下の表5に、本実施例の諸元の値を掲げる。

【0042】

【表5】

15

(全体諸元)

 $f = 35.0 \sim 42.0$ $Fno = 3.51 \sim 3.88$

(レンズデータ)

面番号	r	d	ν	n
		d0		1.000000
1	121.7278	5.5000	64.10	1.518723
2	-628.6778	0.2000		1.000000
3	77.2704	3.0000	58.54	1.615215
4	23.4757	8.5000		1.000000
5	169.5030	2.5000	58.54	1.615215
6	23.7609	7.5000	28.56	1.801617
7	64.4035	d1		1.000000
8	45.1628	2.5000	70.41	1.489143
9	13.7205	5.0000	33.89	1.809452
10	18.5603	d2		1.000000
11	SP	3.5000		1.000000
12	71.6941	6.5000	70.41	1.489143
13	-12.5461	3.0000	43.35	1.845033
14	-58.7553	1.0000		1.000000
15	-123.8075	6.0000	61.09	1.591430
16	-20.5211	d3		1.000000
17	-103.4553	2.5000	64.10	1.518723
18	69.8641	d4		1.000000
19	-49.3904	3.0000	55.60	1.699788
20	62.8368	10.0000	70.41	1.489143
21	-56.7729	0.5000		1.000000
22	-18008.8990	6.0000	70.41	1.489143
23	-70.5741	0.5000		1.000000
24	303.1144	7.5000	70.41	1.489143
25	-84.1949	0.5000		1.000000
26	170.8366	8.0000	70.41	1.489143
27	-98.9144	10.0000		1.000000
28	0.0000	113.1000	23.96	1.846684
29	0.0000	5.0000		1.000000
30	0.0000	5.0000	64.10	1.518723
31	0.0000	d5		1.000000

(可変間隔データ)

β	-0.0150	-0.0165	-0.0180
d0	2244.500	2244.500	2244.500
d1	15.7217	11.6035	7.3821
d2	12.5195	12.1883	12.2562
d3	2.2228	8.8970	15.1273
d4	10.5105	8.2857	6.2090
55	0.4108	0.4108	0.4108

(条件式対応値)

(1) $Bfw/fw = 2.28$

(2) $f2/fw = 1.92$

16

(3) $f4/fw = 1.60$

(4) $|f1|/fw = 2.14$

(5) $|f3|/fw = 2.29$

【0043】図18、19、20は、第5実施例において $d0 = 2244.5$ のときの広角端状態における諸収差図、中間焦点距離状態($f = 38.5$)における諸収差図、望遠端状態における諸収差図をそれぞれ示している。図からも明らかなように、各焦点距離状態において諸収差が良好に補正されていることが分かる。

10 【0044】(第6実施例)図21は、第6実施例にかかる投射型表示装置の概略構成を示す図である。ランプLからの光源光は放物面形状の凹面鏡PMによりほぼ平行光に変換され、偏光ビームスプリッタ101に入射する。偏光ビームスプリッタ101は、三角柱形状であるプリズム101Aとプリズム101Bと両プリズムの接合面に形成された偏光分離部101pとから構成される。偏光分離部101pは、光源Lからの光源光を、当該分離部を透過するP偏光と反射するS偏光とに偏光分離する。透過したP偏光は、偏光ビームスプリッタ101を射出する。そして、プリズム102、プリズム103ならびにプリズム104と前記プリズムの所定面に形成された複数のダイクロイック膜とから構成される色分解合成プリズムに、P偏光は入射する。また、偏光分離部101pを反射したS偏光は光路を90度折り曲げられて進行し、廃棄される。

20 【0045】次に、色分解合成プリズムが、光源光をR光とG光とB光とに色分解する構成について説明する。上述したように、色分解合成プリズムは、プリズム102とプリズム103とプリズム104との3つのプリズムから構成されている。まず、光源光からB光成分を取出すためのプリズム102について説明する。プリズム102は、第1面102aと第2面102bと第3面102cとを有している。第1面102aは光源光を入射する。第2面102bは、B光を反射しR光とG光とを透過するB光反射ダイクロイック膜DBを有している。第3面102cは、第2面102bを反射して次に第1面102aを全反射したB光を射出する。この構成により、プリズム102は、光源Lからの光のうちB光成分を取出すことができる。そして、第3面102cから出射したB光は、B光用ライトバルブ106Bに入射する。

30 【0046】次に、光源光からR光成分を取出すためのプリズム103について説明する。プリズム103は、プリズム102の第2面102bと空隙を隔てて設けられている。プリズム103は、第1面103aと第2面103bと第3面103cとを有している。第1面103aはプリズム102の第2面102bを透過した光を入射する。第2面103bは、R光を反射しG光を透過するR光反射ダイクロイック膜DRを有している。第3面103cは、第2面103bを反射して次に第1面1

03aを全反射したR光を射出する。この構成により、プリズム103は、光源Lからの光のうちR光成分を取出すことができる。そして、第3面103cから出射したR光は、R光用ライトバルブ106Rに入射する。

【0047】次に、光源光からG光成分を取出すためのプリズム104について説明する。プリズム104は、その第1面104aが、プリズム103の第2面103bに接着剤により固着されて設けられている。プリズム104は、第1面104aと第2面104bと第3面104cとを有している。第1面104aはプリズム103の第2面103bを透過した光を入射する。第2面104bは、G光を全反射する。第3面104cは、第2面104bを全反射したG光を射出する。この構成により、プリズム104は、光源Lからの光のうちG光成分を取出すことができる。そして、第3面104cから出射したG光は、G光用ライトバルブ106Gに入射する。

【0048】次にライトバルブについて説明する。ライトバルブ105B、105G、及び105Rは反射型の液晶ライトバルブである。ライトバルブはマトリクス状に配置された複数の画素を有している。各画素は液晶分子を有する液晶層と当該液晶層の背面に設けられた反射層とを有している。液晶層は、各画素毎に配置されたTFT等のスイッチング素子により液晶層の厚み方向に電圧値を変えて印加させることで液晶分子の向きを変更することができる。そして、この液晶分子の向きに応じてライトバルブに入射した光の偏光の傾きが変わる。即ち、入射光の偏光状態を変調することができる。このように、印加電圧を変化させることで偏光状態を変えて、画像の階調レベルを決めることができる。

【0049】ライトバルブの液晶層に電圧が印加されていない画素は、階調レベルが最低、即ち最も暗い画素である。この時、液晶層の液晶分子は初期状態を維持している。この状態の液晶層を経由して反射層にて反射し、再度、液晶層を経由して射出した光は、変調作用を受けていない非変調光となる。そして、非変調光は、色分解合成プリズムにP偏光として再入射する。

【0050】また、ライトバルブの液晶層に最高電圧が印加されている画素は、階調レベルが最高、即ち最も明るい画素である。このとき、液晶層は初期状態から離れて所定方向に配列し、波長板層を形成している。この状態の液晶層を経由して反射層にて反射し、再度、液晶層を経由して射出した光は、変調作用を受けている変調光となる。そして、変調光は、色分解合成プリズムにS偏光として再入射する。

【0051】色分解合成プリズムは、前記ライトバルブ105R、105G、105Bからの反射光を色合成する。色合成された光は、偏光ビームスプリッタ101の偏光分離部101Pにて検光される。そして、ライトバルブで変調された光であるS偏光成分のみが投射レンズ

TLに入射する。投射レンズTLは、上記各実施形態で述べた構成のズームレンズを備えている。そして、投射レンズTLは、各R、G、B色のライトバルブの像をスクリーンSCにフルカラー像として投影する。なお、非変調光であるP偏光成分は、偏光ビームスプリッタ101の偏光分離部101Pを直進し、光源L側に射出されて廃棄される。

【0052】（第7実施例）図22は、第6実施例にかかる投射型表示装置の概略構成を示す図である。ランプLからの光源光は放物面形状の凹面鏡PMによりほぼ平行光に変換され、クロスダイクロイックミラー209に入射する。該クロスダイクロイックミラー209は、B光反射ダイクロイックミラー202と、R光及びG光反射ダイクロイックミラー203とをそれぞれ入射光軸AXに対して45度の角度を有し、かつ互いに直交するようにX型に配置したものである。

【0053】クロスダイクロイックミラー209に入射した光源光は、互いに入射光軸に垂直であり、反対方向に進行するR、G光と、B光とに色分解される。B光は折り曲げミラー205により反射され、進行方向を変えて偏光ビームスプリッタ207Bに入射される。前記R、G光は折り曲げミラー204により進行方向を変えて進行し、光軸上に入射光軸に対して45度の角度を有するように配置されたG光反射ダイクロイックミラー206に入射される。該R、G光は、G光反射ダイクロイックミラー206を透過するR光と、反射されて直角に進行方向を変えて進行するG光とに色分解される。

【0054】色分解されたR、G、B光はそれぞれの色光毎に配置された偏光ビームスプリッタ207R、207G、207Bに入射して偏光分離作用を受ける。各偏光ビームスプリッタによって反射されたS偏光成分は各偏光ビームスプリッタの射出面近傍に配置された反射型ライトバルブ208R、208G、208Bにそれぞれ入射する。

【0055】各反射型ライトバルブ208R、208G、208Bは、上記第6実施例で用いたライトバルブと同様の構成であるので、重複する説明は省略する。そして、各ライトバルブ208R、208G、208Bに入射した光は、各色に応じて変調される。この変調光を含む反射射出光は、色光毎に配置された偏光ビームスプリッタ207R、207G、207Bに再度入射され、変調光のみを透過光として検光する。さらに、該各色検光光は色合成光学系であるクロスダイクロイックプリズム210に入射して色合成される。クロスダイクロイックプリズム210は、4つの直角プリズム210a、210b、210c、210dを接合して構成されている。そして、この合成光は、上記第1～第5実施例で述べたズームレンズを備える投射レンズTLによりスクリーンSC上にフルカラーとして投射される。なお、本発明は上述の実施の形態に限定されることなく、本発明の

要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることはいうまでもない。

【0056】

【発明の効果】以上説明したように、第1の発明によれば、小型で、より長いバックフォーカスを有し、縮小側の瞳位置が十分に遠く（テレセントリック）、良好な光学性能のズームレンズを提供できる。また、第2の発明にかかる投射型表示装置によれば、上記ズームレンズを投射用に用いているので、良好なコントラスト、結像特性の投射像を得ることが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例のレンズ構成図である。

【図2】第1実施例の広角端状態における諸収差を示す図である。

【図3】第1実施例の中間焦点距離状態における諸収差を示す図である。

【図4】第1実施例の望遠端状態における諸収差を示す図である。

【図5】第2実施例のレンズ構成図である。

【図6】第2実施例の広角端状態における諸収差を示す図である。

【図7】第2実施例の中間焦点距離状態における諸収差を示す図である。

【図8】第2実施例の望遠端状態における諸収差を示す図である。

【図9】第3実施例のレンズ構成図である。

【図10】第3実施例の広角端状態における諸収差を示す図である。

【図11】第3実施例の中間焦点距離状態における諸収差を示す図である。

【図12】第3実施例の望遠端状態における諸収差を示す図である。

【図13】第4実施例のレンズ構成図である。

【図14】第4実施例の広角端状態における諸収差を示す図である。

【図15】第4実施例の中間焦点距離状態における諸収差を示す図である。

【図16】第4実施例の望遠端状態における諸収差を示す図である。

【図17】第5実施例のレンズ構成図である。

【図18】第5実施例の広角端状態における諸収差を示す図である。

【図19】第5実施例の中間焦点距離状態における諸収差を示す図である。

10 【図20】第5実施例の望遠端状態における諸収差を示す図である。

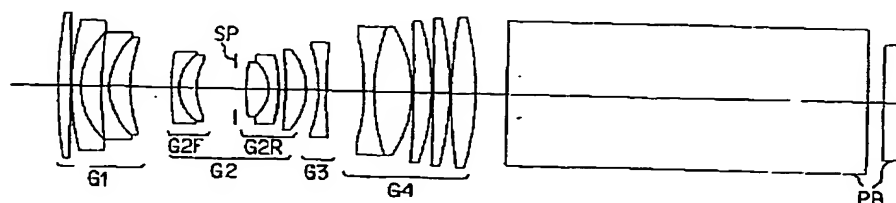
【図21】第6実施例にかかる投射型表示装置の概略構成を示す図である。

【図22】第7実施例にかかる投射型表示装置の概略構成を示す図である。

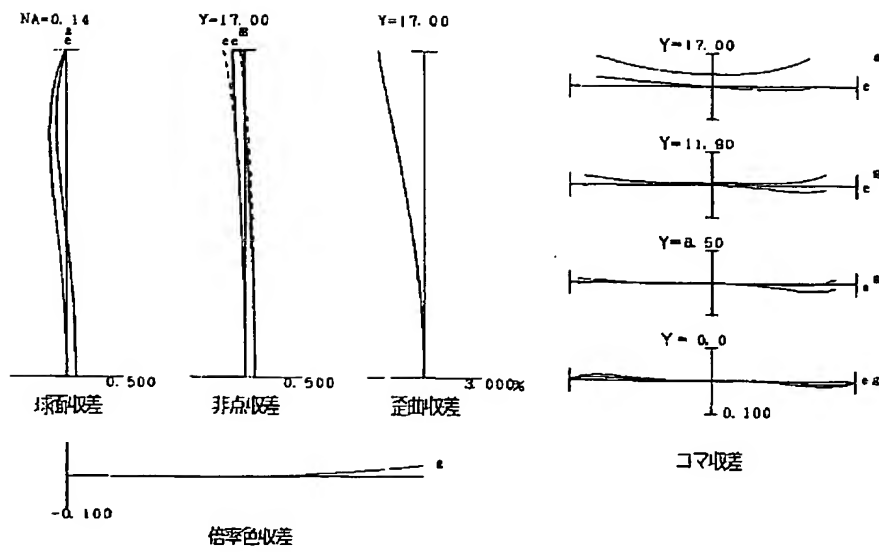
【符号の説明】

G 1	第1レンズ群
G 2	第2レンズ群
G 2 F	第2レンズ群前群
G 2 R	第2レンズ群後群
G 3	第3レンズ群
G 4	第4レンズ群
P B	プリズムブロック
S P	絞り
L	光源
P M	放物面鏡
1 0 1, 2 0 7 R, 2 0 7 G, 2 0 7 B	偏光ビームスプリッタ
1 0 2, 1 0 3, 1 0 4	プリズム
30 1 0 5 R, 1 0 5 G, 1 0 5 B, 2 0 8 R, 2 0 8 G, 2 0 8 B	ライトバルブ
2 0 2, 2 0 3, 2 0 6	ダイクロイックミラー
T L	投射レンズ
S C	スクリーン

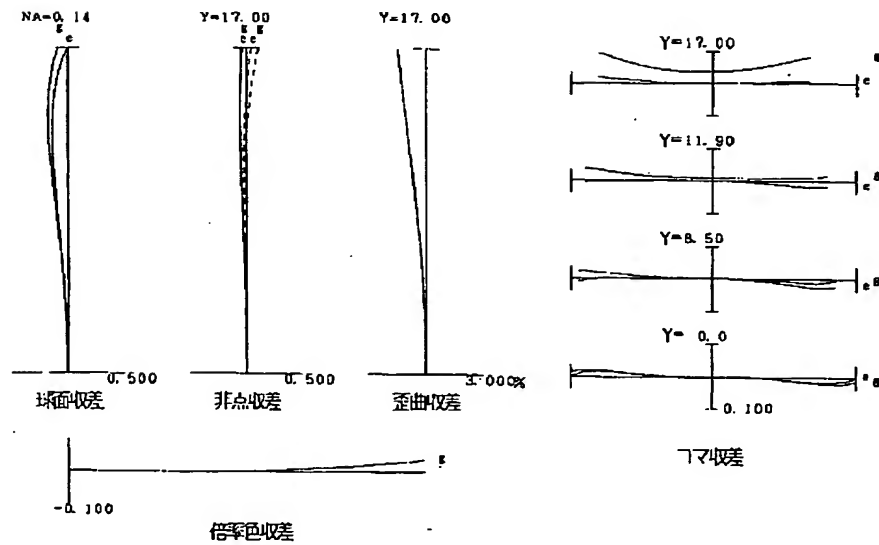
【図1】



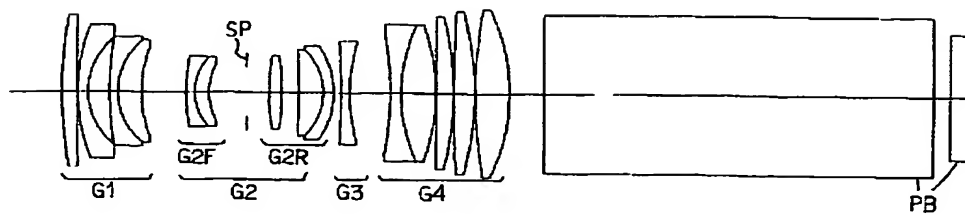
【図2】



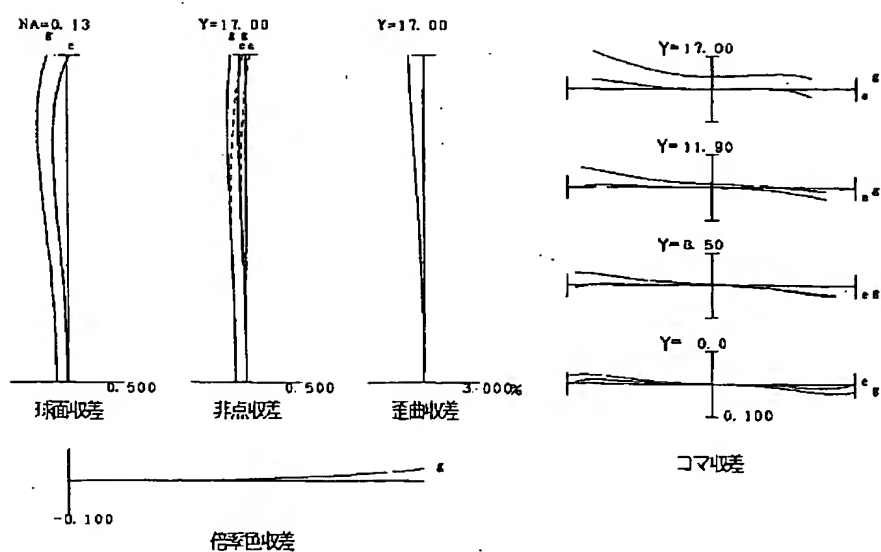
【図3】



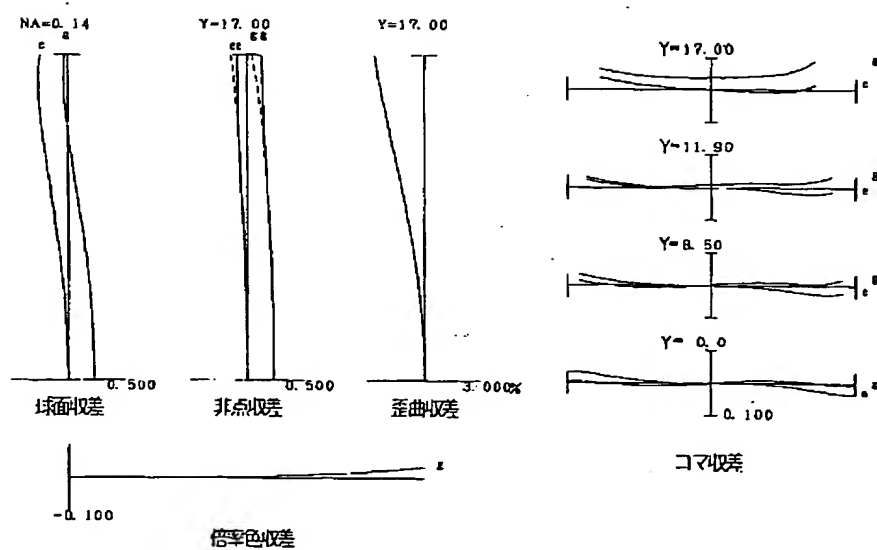
【図5】



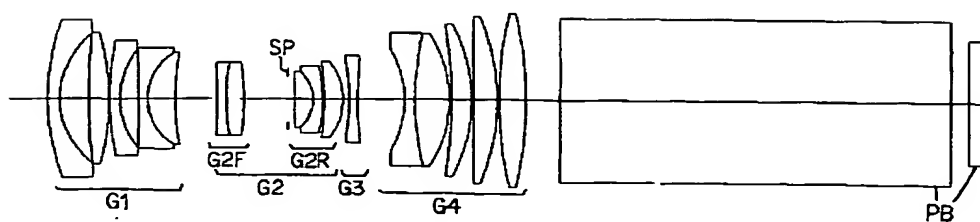
【図4】



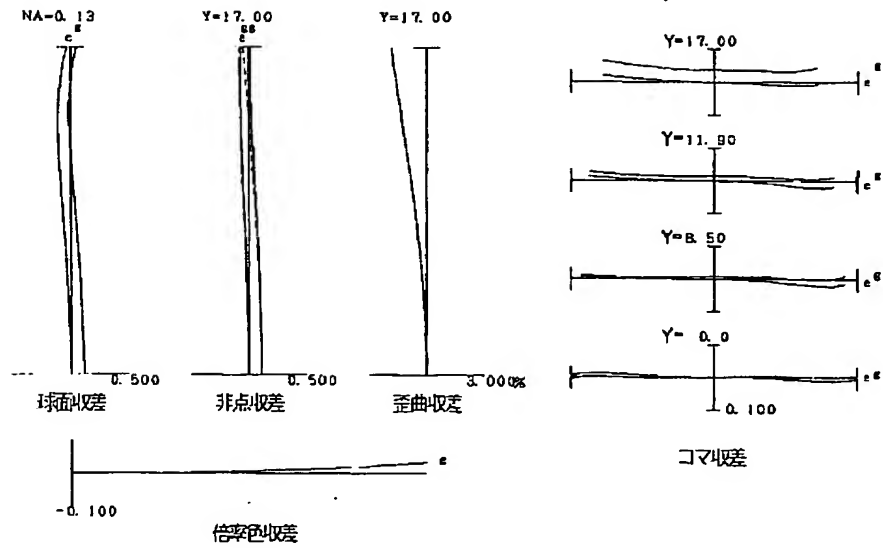
【図6】



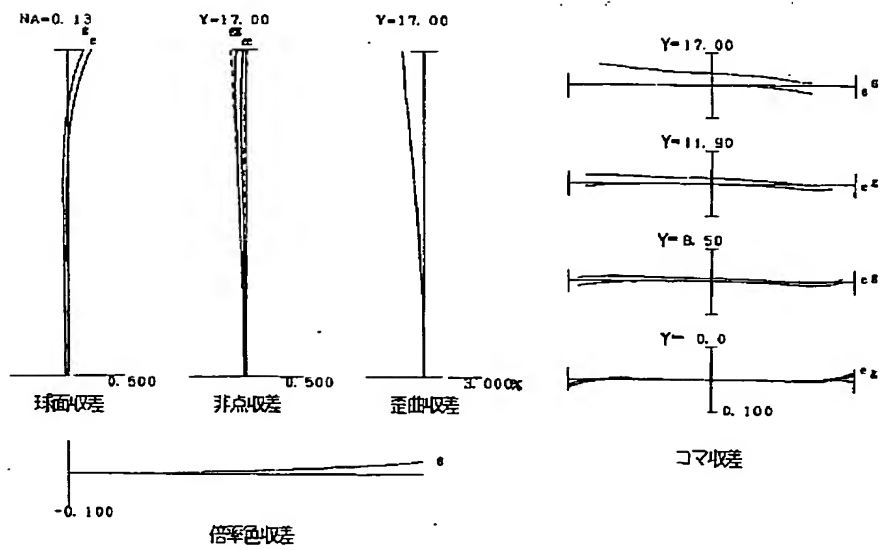
【図9】



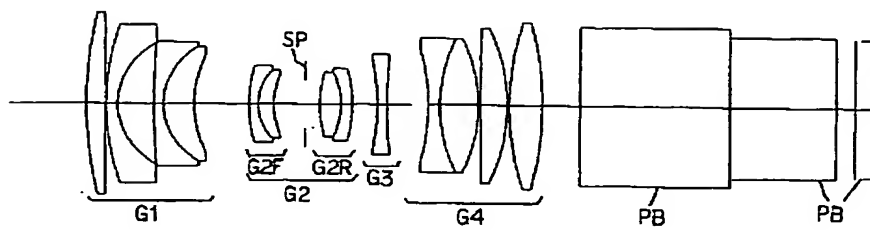
【図7】



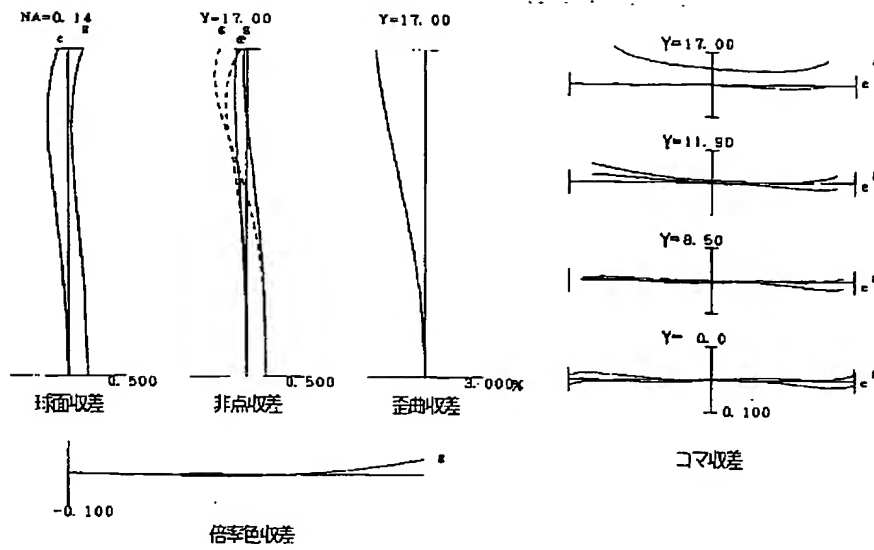
【図8】



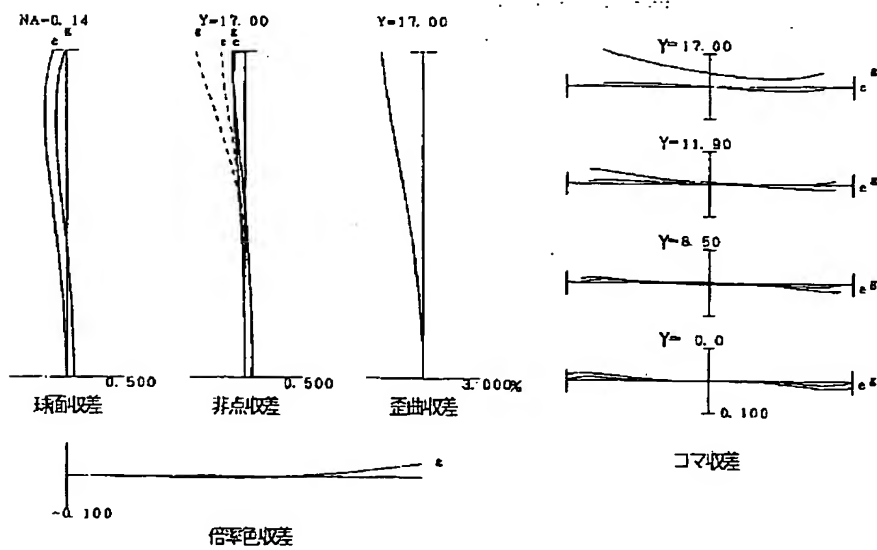
【図13】



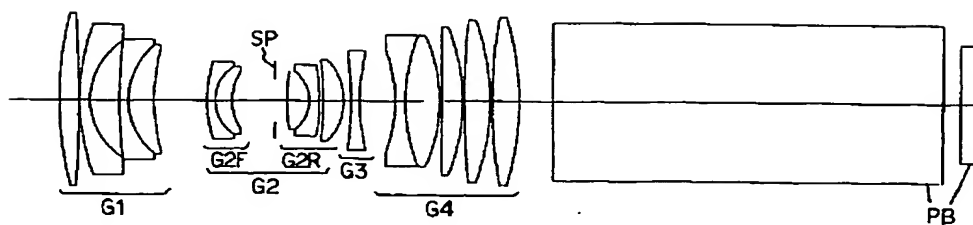
【図10】



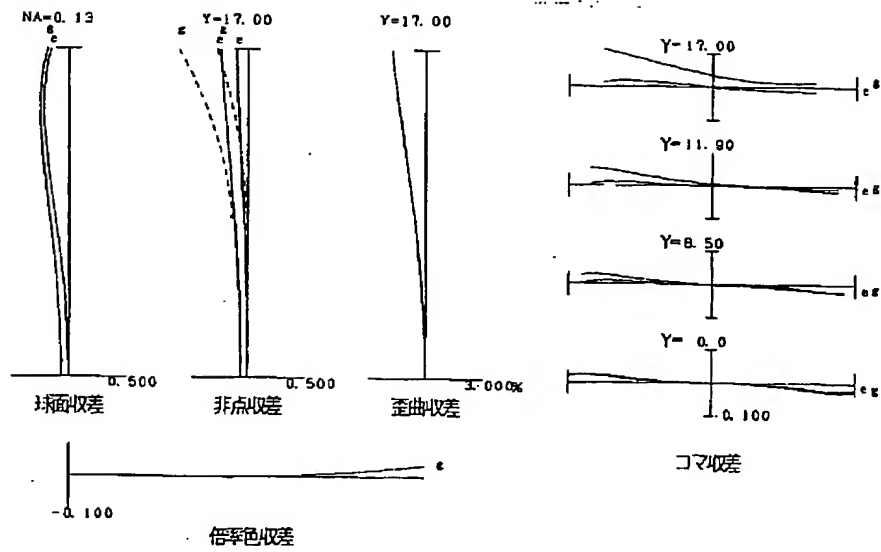
【図11】



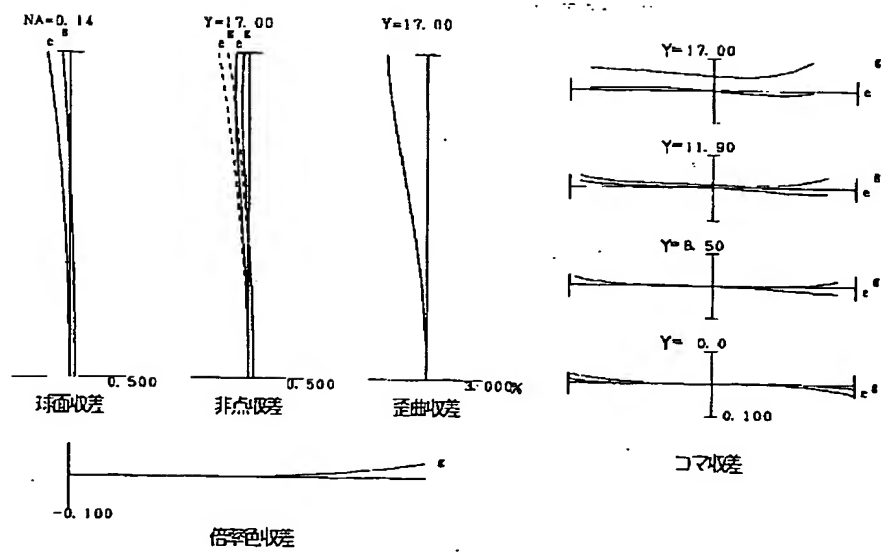
【図17】



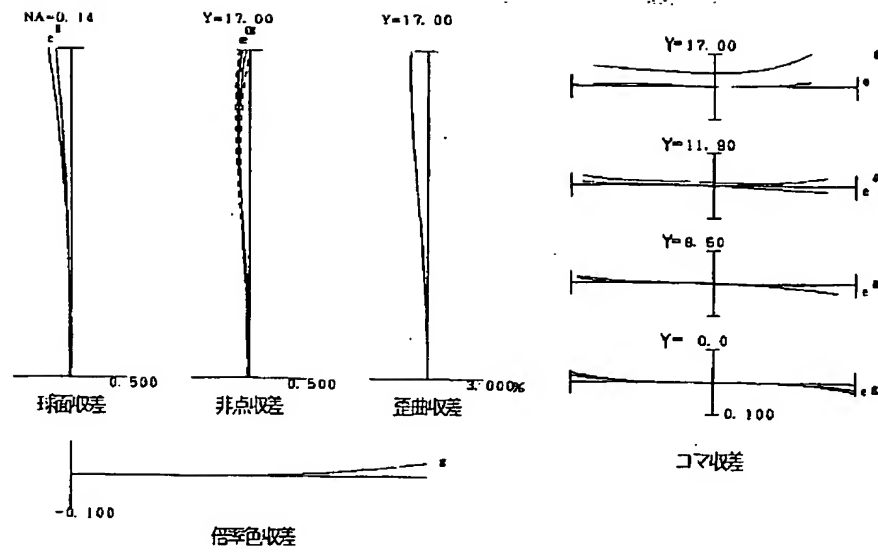
【図12】



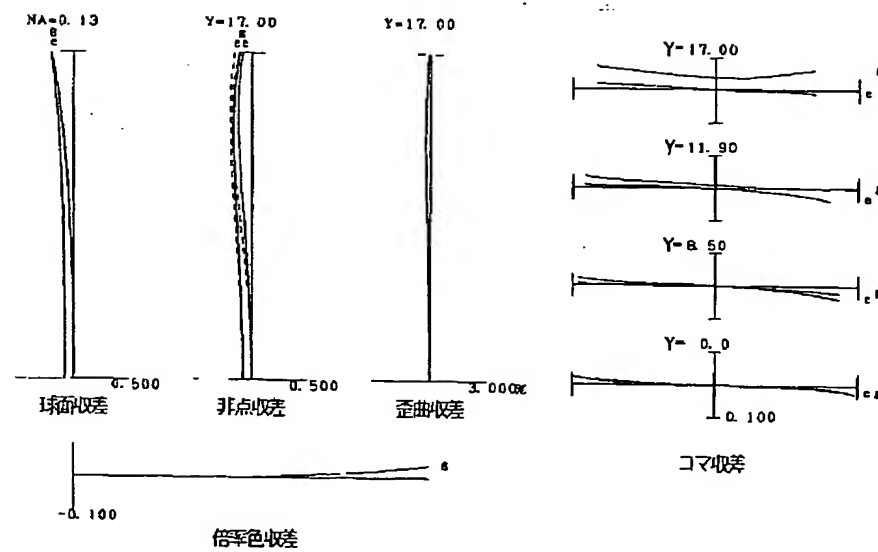
【図14】



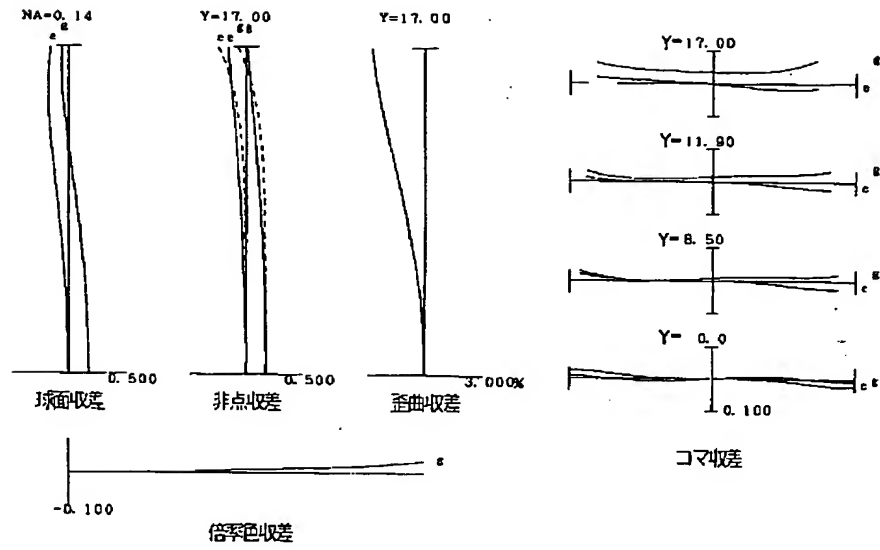
【図15】



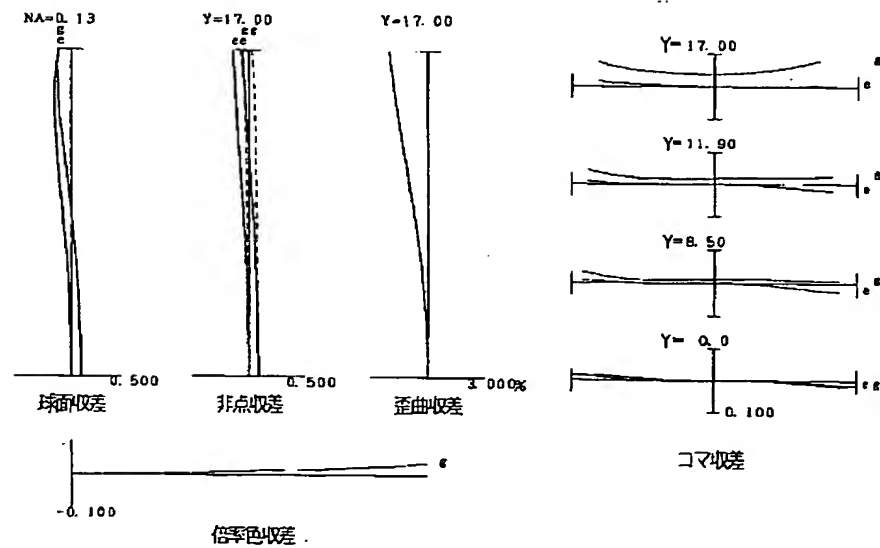
【図16】



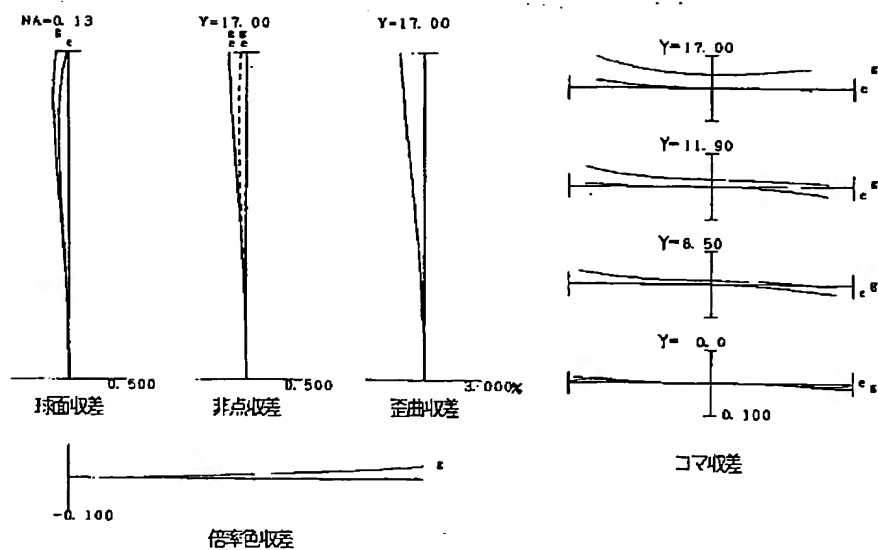
【図18】



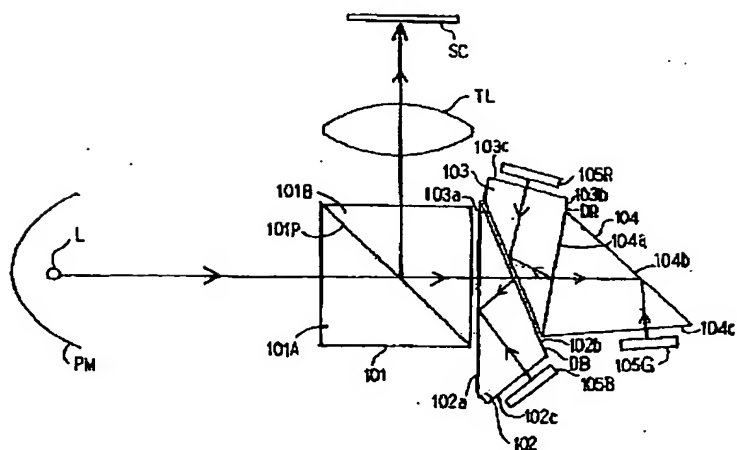
【図19】



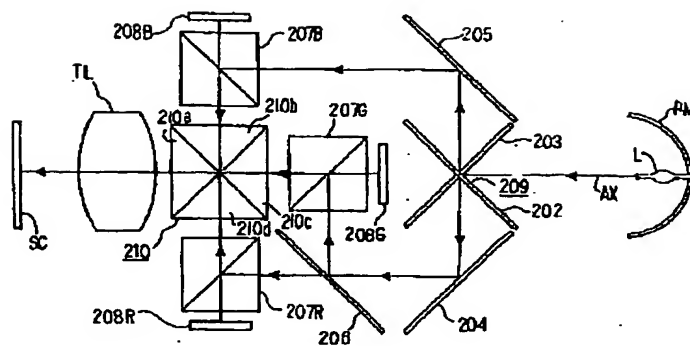
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テームコード (参考)

G 0 2 F 1/1335
1/13357
G 0 3 B 21/00

5 1 0

G 0 2 F 1/1335
G 0 3 B 21/00
G 0 2 F 1/1335

5 1 0
E
5 3 0

F ターム (参考) 2H087 KA06 KA07 NA02 PA09 PA11
PA12 PA16 PB13 PB15 PB16
QA02 QA07 QA12 QA14 QA17
QA22 QA26 QA34 QA41 QA45
RA36 RA41 RA45 SA24 SA26
SA30 SA32 SA73 SA74 SB05
SB06 SB15 SB16 SB22 SB35
SB36
2H088 EA12 HA13 HA18 HA20 HA24
HA28 MA20
2H091 FA05X FA07X FA07Z FA10X
FA26X FA41Z LA30 MA07